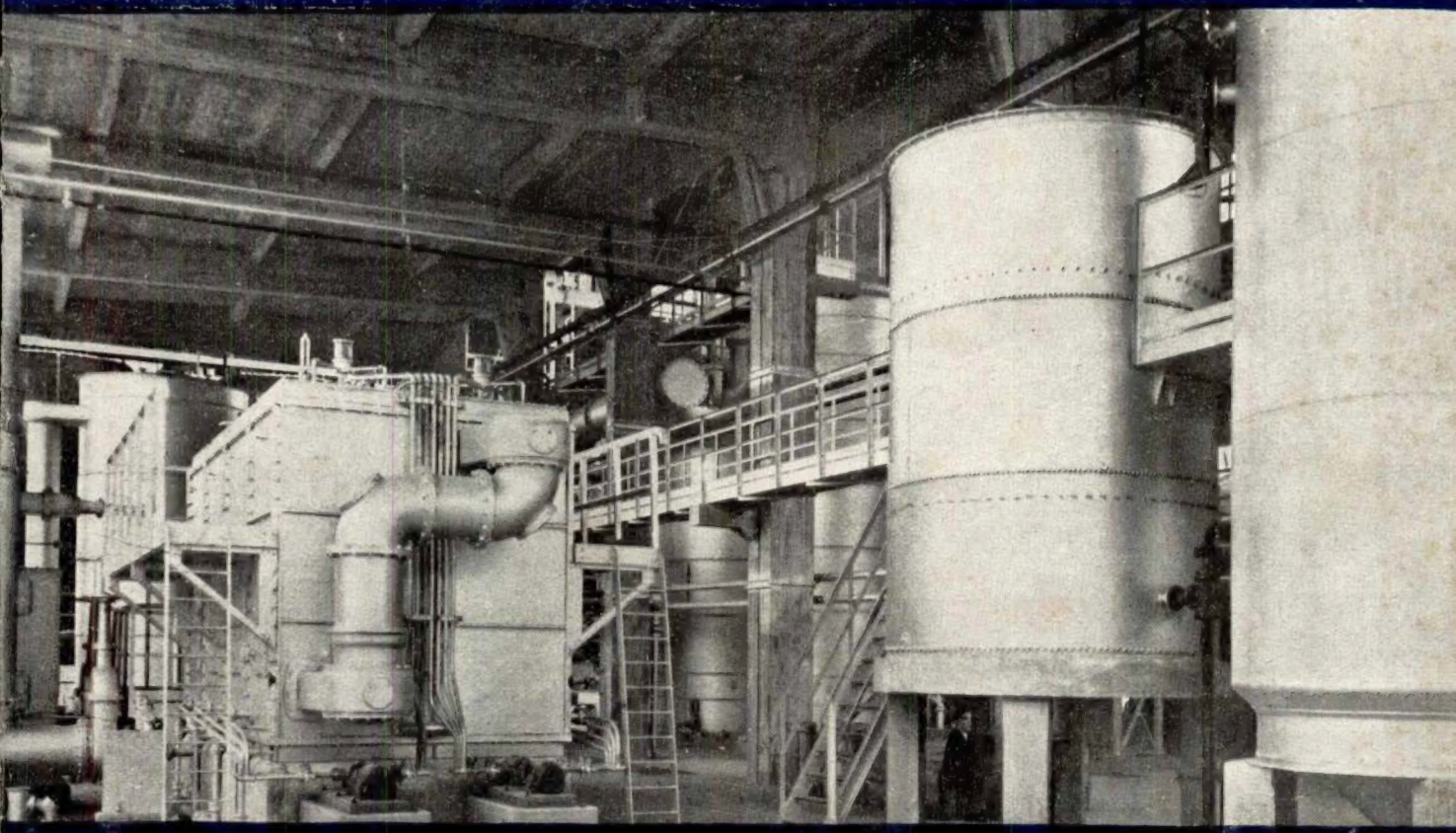
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 142-Dezembro-1943

CIMENTO

SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.
Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

S E C I L

COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMERCIO, 56, 3.º
LISBOA

Granulados de mármores
para exportação e para o país

Mosaicos de granulados de mármore

OS MAIS BONITOS
OS MAIS RESISTENTES
OS MAIS VANTAJOSOS

Soc. Portuguesa CAVAN

Rua D. Estefania, 42
Telefone 47812 — Lisboa

FILIAL NO PÔRTO:
PRAÇA DA BATALHA, 90, 2.º

Cimento «Liz» hidrofugado «N»

PRÓPRIO PARA
IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS
REBOCOS, FUNDAÇÕES, PAREDES, ETC.

Substitue com vantagem de ordem técnica e económica todos os impermeabilizadores conhecidos.

Em sacos de papel de 50 quilos

Peçam instruções para o seu emprêgo

Sede: Rua do Cais de Santarém, 64, 1.º — LISBOA
Filial: Rua de Santo António, 190-A, 1.º — PORTO

Agentes em todo o País

NÚMERO
142
Dezembro — 1943

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N. / TEL. 49144 (linha 50)

DIRECTOR
JOSÉ DE LUCENA
ADMINISTRADOR
FAUSTO GONÇALVES HENRIQUES
BIBLIOTECÁRIO
ANTÓNIO BUSTORFF
CORPO REDACTORIAL
Eduardo de Abreu Nunes
Jorge Trigo Mira
Manuel dos Santos Rézio
António da Silva Salta
Luíz Pinto Elyseu
Secção de Publicações
Fernando Blanqui Teixeira

NÚMERO AVULSO 6$00

ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	16$00	30$00	58$00
Colónias Portuguesas e Espanha...	—	40$00	70$00
Estrangeiro...	—	45$00	80$00

EDITOR E PROPRIETÁRIO
ASS. DOS ESTUD. DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NAS
OFICINAS FERNANDES
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Nova Fábrica de Gás da Matinha — Lavagem de amoníaco e depuração de água

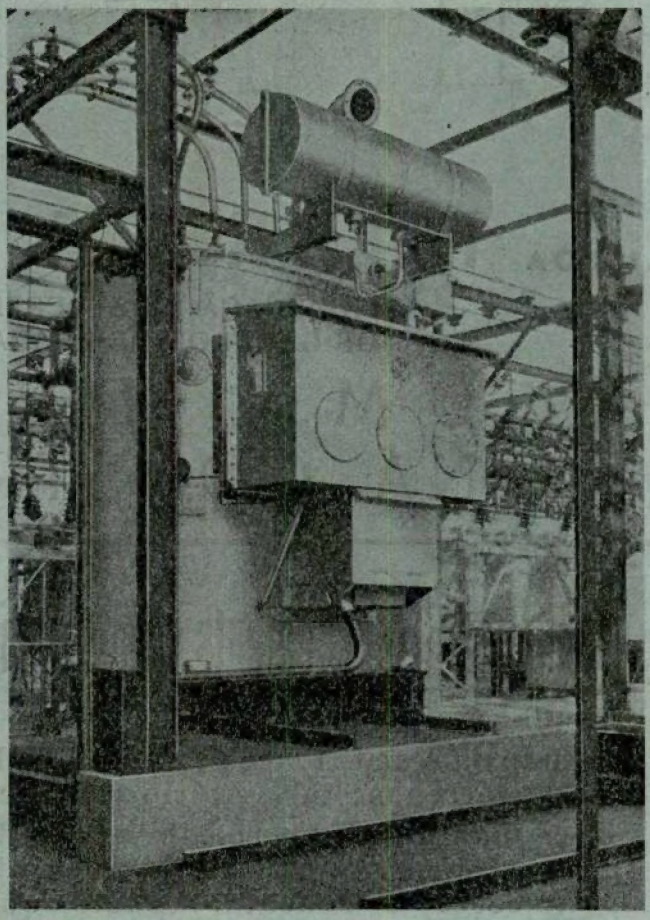
		Págs.
Engenheiro Duarte Pacheco		561
Funções contínuas sôbre uma superfície esférica	Doutor Mira Fernandes	563
Estudo das estruturas hiperestáticas pelos teoremas de Castigliano e pelo método de Beggs	Eng.º Civil Manuel Rocha	565
Fiscalização de Obras Públicas	Eng.º Civil Horácio de Moura	577
Notas sôbre a instalação de um contador de Geiger e Müller	Carlos Barradas da Silva	584
As necessidades colectivas e a engenharia		591
Aos alunos das Escolas Superiores de Engenharia Nacionais		597
Vida Escolar e Associativa		598
Do Mundo Técnico		603
Bibliografia		607
Publicações recebidas		608

STABILO
STABILO
STABILO
STABILO
STABILO
SCHWAN
Bleistift-Fabrik A.-G.
NÜRNBERG
Representante:
A. Ferreira da Silva, Pôrto.
Rua Alexandre Braga, 82. Tel. 6132
Lápis de desenho
em 18 graduações 7 B — 9 H
Lápis de côr
O utensílio precioso em 24 côres
Novidade: STABILO Cellomin D. R. P.
O lápis-tinta com a mina especial
resistente às influências climáticas

GENERAL ELECTRIC

Schenectady, N. Y.

Motores e dinamos. Alternadores. Transformadores. Aparelhos para alta e baixa tensão. Centrais termo e hidro-eléctricas. Instalações para melhorar o factor de potência. Tracção eléctrica. Máquinas, Transformadores e Electrodos para soldadura eléctrica. Fornos eléctricos. Automotoras eléctricas e Diesel--eléctricas. Turbinas de vapor. Aparelhos de iluminação. Instrumentos de medida. Cabos e fios. Electrificação de fábricas. Comandos eléctricos especiais para fábricas téxteis, fábricas de papel, etc. Máquinas frigoríficas.



Transformador trifásico com regulação da tensão em carga

THOMSON GENERAL ELECTRIC

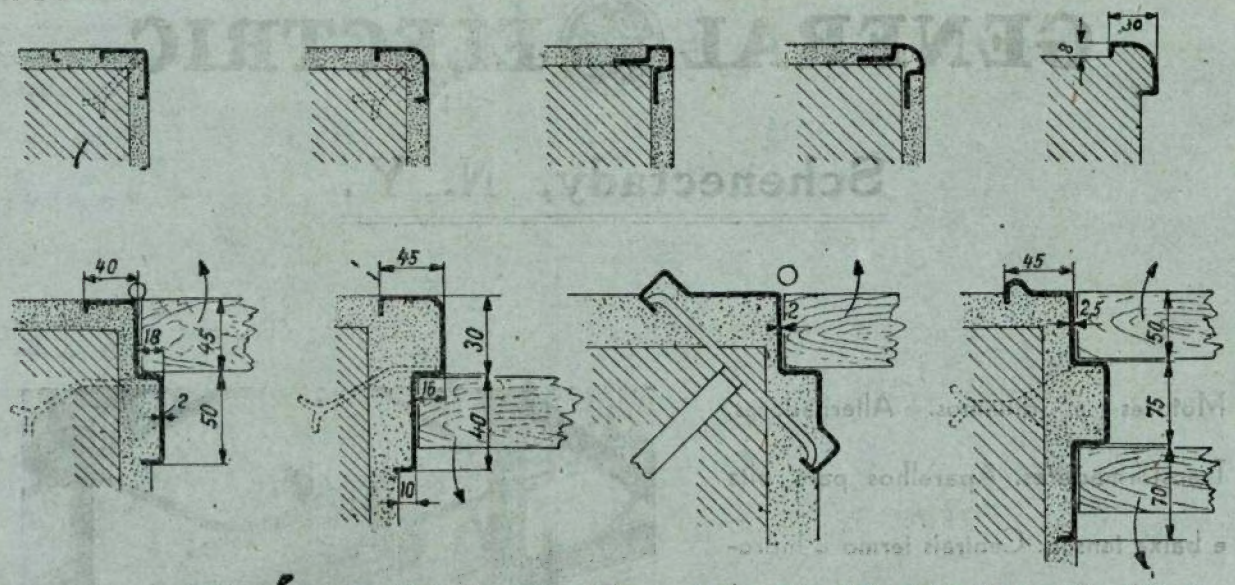
Portuguesa, L.da

LISBOA

Rua do Norte, 5

Telef. 28135-28136

ALGUNS EXEMPLOS DOS PERFIS QUE SE PODEM REALIZAR



LISBOA **FÁBRICA PORTUGAL**

FABRICAÇÃO DE PERFIS DE CHAPA PARA TODOS OS GENEROS DE TRABALHO DE CONSTRUÇÃO CIVIL

UMA REVOLUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Sondages. Etanchements. Consolidations "Procédés Ródio"

Sondagens geológicas

Estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geofísico

Consolidação e impermeabilização de terrenos e alvenarias por meio de injecções de cimento, produtos químicos, emulsão betuminosa Shellperm, etc.

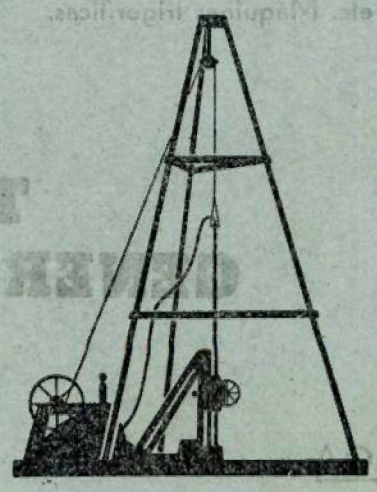
Estacas de beton armado, sistema **Ródio** sem fazer trepidar o solo

Rebocos comprimidos por «cement gun»

Fundações em terrenos difíceis por congelação artificial, ou baixando o nível da água friática.

Sociedade Anónima com séde em PARIS

As melhores referências no paiz e no estrangeiro



Engenheiro delegado para Portugal

Walter Weyermann

P. do Município, 32-2°—LISBOA Tel. 2 8685

TÉCNICA

JOSÉ DE LUCENA
DIRECTOR

ANO XIX - N.º 142 DEZEMBRO 1943

ENGENHEIRO DUARTE PACHECO

Não chegou ainda o momento, nem é êste o local apropriado para apreciar a obra do Eng.º Duarte Pacheco. Não chegou o momento, porque só a História, deixando passar amizades e paixões, pode julgar essa obra que foi vasta, variada e discutida. Não é êste o local apropriado, porque à «Técnica», revista dos Estudantes do Instituto Superior Técnico, interessa especialmente um capítulo dessa obra: a construção do novo edifício.

Em 1911, Alfredo Bensaúde, outro homem de génio, criou o Instituto, deu-lhe uma organização modelar e bons professores, mas só poude obter para o instalar um edifício absoluta-

mente impróprio para tal fim. Trabalhou-se aí com entusiasmo nunca excedido, nem talvez igualado, mas não se podia dar à Escola o necessário desenvolvimento.

Elaboraram-se projectos para a instalação do Instituto noutros locais, mas as obras, por dificuldades várias, nunca se iniciaram e continuou-se na Rua da Boa Vista, num edifício de cujas deficiências os actuais alunos do Instituto não podem fazer a mínima idéia.

Chegou 1927, Duarte Pacheco que havia pouco tempo fôra nomeado Director, apresentou em reünião de Professores e Assistentes, para tal fim especialmente convocada, o ante-projecto do novo Edifício, no Arco do Cego. Poucos acreditavam então que a obra seria realizada, mas alguns anos depois, de duas quintas situadas fora da área urbanizada da cidade surgia o Novo Instituto. O que isto custou em trabalho e esforços ao homem que acaba de desaparecer no trágico desastre de Pegões é difícil de imaginar. O Instituto ficou-lhe devendo um serviço só comparável ao que deve ao seu fundador.

ENG.º BELARD DA FONSECA

Director do I. S. T.

*

Rude golpe acabam de sofrer a nossa Escola e a Engenharia Nacional com a morte do engenheiro Duarte Pacheco.

Digno continuador da obra do Dr. Alfredo Bensaúde, o engenheiro Duarte Pacheco foi, pode dizer-se, o grande consolidador dessa mesma obra, especialmente pela construção do novo edifício do I. S. T., que hoje admiramos na sua projecção monumental e de que auferimos as vantagens materiais e espirituais. Sabemos bem que só ao seu espírito de iniciativa e grande amor ao Instituto se deve a criação dessas novas instalações, em relação condigna com a sua função de Escola Superior destinada à formação de engenheiros.

Todo o entusiasmo e persistente dedicação postos nessa grande obra estão bem traduzidos nas seguintes palavras do arquitecto Pardal Monteiro: ...«Contudo, alguém, a meu lado, dotado duma fé e duma fôrça de vontade que até então não conhecera em ninguém; alguém para quem a palavra dificuldade parecia constituir precisamente um incentivo para vencer, queria, exigia quási que, se necessário fôsse, se inventasse a solução pela qual a obra se tornasse realizável.

Êsse alguém, o engenheiro Duarte Pacheco, que só via diante de si o «seu» novo Instituto não podia admitir que o seu sonho não se transformasse em realidade».

Não nos cumpre referir-nos à obra do Engenheiro Duarte Pacheco como homem público, como estadista: outros mais autorizados o farão. Bastam-nos, porém, a sua vida, como exemplo de trabalho e dedicação postos ao serviço duma grande causa — o engrandecimento da Engenharia Nacional — e o seu amor pelo I. S. T. — que, constante e desinteressado, se revelou sempre que se tornou necessário defendê-lo de tudo o que pudesse afectar a realização integral da sua missão — para nos fazer curvar perante a sua memória, com admiração e gratidão profundas, às quais juntamos, em derradeiro preito de sincera homenagem, a promessa firme de contribuírmos, em quanto nos fôr possível — quer desde já, como modestos mas dedicados obreiros da «Técnica», quer, dentre em pouco, como engenheiros — para o engrandecimento e dignificação da Engenharia Nacional.

A DIRECÇÃO DA «TÉCNICA»

FUNÇÕES CONTÍNUAS SÔBRE UMA SUPERFÍCIE ESFÉRICA

PELO DOUTOR **MIRA FERNANDES**
(PROFESSOR DO I. S. T.)

a) O professor Rademacher propôs o problema de averiguar se *a todo o conjunto limitado, fechado e convexo do espaço tridimensional R^3 será sempre possível circunscrever um cubo.*

Shizuo Kakutani [1] resolveu o problema afirmativamente, à custa do seguinte interessante teorema:

Seja $f(P)$ uma função contínua real, definida sôbre a superfície S^2 duma esfera do espaço R^3. Sendo O o centro da esfera, existem três pontos P_1, P_2, P_3 sôbre S^2, tais que os vectores $\overrightarrow{OP_1}$, $\overrightarrow{OP_2}$ e $\overrightarrow{OP_3}$ são triortogonais e $f(P_1)=f(P_2)=f(P_3)$.

É fácil ver que êste teorema admite a seguinte generalização:

Teorema I — Seja $f(P)$ uma função contínua real, definida sôbre a superfície S^2 duma esfera do espaço R^3. Sendo O o centro da esfera e λ um número positivo qualquer, menor que $\frac{2\pi}{3}$, existem, sôbre S^2, três pontos P_1, P_2, P_3, tais que o triedro formado pelos vectores $\overrightarrow{OP_1}$, $\overrightarrow{OP_2}$, $\overrightarrow{OP_3}$ é regular, sendo λ o valor comum das suas faces, e $f(P_1)=f(P_2)=f(P_3)$.

Vamos fazer a demonstração, acompanhando, *mutatis mutandis*, a de S. Kakutani no caso da ortogonalidade $\left(\lambda=\frac{\pi}{2}\right)$.

Tomemos para origem o ponto O, para unidade o raio da esfera S^2, e para sistema de referência, em R^3, um triedro regular qualquer, de face λ. Neste sistema oblíquo $Oxyz$, escolhido convenientemente o sentido positivo dos eixos, os pontos $P_1^0(1, 0, 0)$, $P_2^0(0, 1, 0)$, $P_3^0(0, 0, 1)$ serão vértices dum triângulo esférico equilátero, existente em S^2.

O grupo G de tôdas as rotações de S^2 (ou de R^3), em tôrno da origem O, é uma variedade tridimensional compacta.

Representando por $\sigma(P)$ o ponto transformado de P, sôbre S^2, pela rotação σ de G, façamos corresponder, a cada elemento σ da variedade tridimensional G, o ponto M de R^3 cujas coordenadas são

$$M\begin{cases} x=f(\sigma^{-1}(P_1^0)) \\ y=f(\sigma^{-1}(P_2^0)) \\ z=f(\sigma^{-1}(P_3^0)) \end{cases}$$

Fazendo $M=\varphi(\sigma)$, é evidente, por ser $f(P)$ uma função contínua, que a representação $\sigma\to\varphi(\sigma)$, de G sôbre R^3, é contínua.

O teorema ficará demonstrado, se existir uma rotação σ de G tal que o ponto $M=\varphi(\sigma)$ esteja sôbre a recta l) $x=y=z$ de R^3.

Suponhamos que não havia nenhuma rotação σ de G satisfazendo a essa condição; e projectemos ortogonalmente R^3 sôbre o plano π que passa por O e é perpendicular à recta $x=y=z$. Chamando $\Psi(\sigma)=N$ à projecção de $M=\varphi(\sigma)$ sôbre o plano π, é claro que a representação $\sigma\to\Psi(\sigma)$, de G sôbre π, é contínua e, *por hipótese, não contém a origem O.*

Seja H o subgrupo de G formado por tôdas as rotações em tôrno da recta l, do qual é isomorfo o grupo L das rotações de π, em tôrno da origem O. Como os três pontos P_i^0 $(i=1, 2, 3)$ existem num plano perpendicular a l e se permutam pela rotação de um

(1) *Annals of Mathematics* — vol. 43, n.º 4 (1942), págs. 739-741.

ângulo $\frac{2\pi}{3}$ em tôrno da mesma recta, chamemos σ_θ $(0 \leq \theta \leq 2\pi)$ ao elemento do subgrupo H correspondente ao elemente σ_θ de L (sendo θ o ângulo de rotação em tôrno de l, contado num sentido tal que

$$\sigma_{\frac{2\pi}{3}}(P_i^o) = P_{i+1}^o \; (i = 1, 2, 3 \pmod 3).$$

Será

$$\begin{cases} \Psi\left(\sigma_{\theta+\frac{2\pi}{3}}\right) = \tau_{\frac{2\pi}{3}}[\Psi(\sigma_\theta)] \\ \Psi\left(\sigma_{\theta+\frac{4\pi}{3}}\right) = \tau_{\frac{4\pi}{3}}[\Psi(\sigma_\theta)]. \end{cases}$$

Chamemos C_{θ_1, θ_2} à curva descrita, sôbre o plano π, pelo ponto $N = \Psi(\sigma_\theta)$, quando θ percorre o intervalo $(\theta_1 \leq \theta \leq \theta_2)$. Isto significa que as curvas $C_{\frac{2\pi}{3}, \frac{4\pi}{3}}$ e $C_{\frac{4\pi}{3}, 2\pi}$ resultam, respectivamente, das rotações $\tau_{\frac{2\pi}{3}}$ e $\tau_{\frac{4\pi}{3}}$ aplicadas à curva $C_{0, \frac{2\pi}{3}}$.

Quando o ponto $\Psi(\sigma_0)$ percorre a curva $C_{0, \frac{2\pi}{3}}$, desde $\Psi(\sigma_0)$ até $\Psi\left(\sigma_{\frac{2\pi}{3}}\right)$, o incremento α do ângulo por êle descrito, em tôrno da origem, será da forma $\alpha = 2k\pi + \frac{2\pi}{3}$, sendo k um inteiro, positivo, negativo, ou nulo. Quando θ varia entre 0 e 2π, o incremento do ângulo descrito, em tôrno da origem, pelo ponto $\Psi(\sigma_\theta)$, será $6k\pi + 2\pi = (3k+1).2\pi$, e, portanto, *nunca será nulo.*

Por outro lado, o subgrupo H pode ser considerado como uma curva *fechada* da variedade do grupo topológico G; e é sabido que $2H$ é *homotópico de zero,* em G. Portanto, a curva $2C_{0, 2\pi}$, que é a imagem de 2 H na representação $\sigma \to \Psi(\sigma)$, deve também ser homotópica de zero em π^x, chamando π^x ao conjunto aberto que resulta de π, suprimindo a origem. Mas isto é impossível, *visto não ser nulo* o incremento $2(3k+1).2\pi$ do ângulo, sôbre a curva $2C_{0, 2\pi}$. Logo, existe uma rotação $\sigma \varepsilon G$ tal que $M = \varphi(\sigma)$ está sôbre a recta l. c. q. d.

b) Daqui resulta, como no caso ortogonal, proposto por Rademacher e demonstrado por Kakutani, que

Teorema II — Todo o conjunto E *limitado, fechado e convexo do espaço tridimensional* R^3 *é inscritível num romboédro, em que um dos ângulos* λ_1 *duma das faces tem um valor arbitrário, menor que* $\frac{2\pi}{3}$.

Com efeito, sendo P um ponto qualquer de S^2, consideremos dois planos tangentes ao conjunto E, perpendiculares a $\overrightarrow{OP}$, e seja f (P) a sua distância. (Êsses dois planos podem ser coïncidentes).

A função f (P) é contínua sôbre S^2. (E, no caso presente, tem valores iguais em pontos antípodas de S^2, o que não interessa à demonstração). Usando as notações do teorema anterior, para todo o valor de $\lambda < \frac{2\pi}{3}$ haverá sôbre S^2 três pontos P_1, P_2, P_3 tais que $f(P_1) = f(P_2) = f(P_3)$, sendo P_1, P_2, P_3 vértices dum triângulo esférico equilátero de lado igual a λ.

Os três pares de planos tangentes a E, correspondentes a P_1, P_2, P_3, são dois a dois paralelos e equidistantes; são, além disso, respectivamente perpendiculares às três arestas dum triedro regular.

O domínio por êles limitado é um romboédro circunscrito a E, sendo iguais a $\pi - \lambda$ os ângulos diedros dum dos seus ângulos sólidos. O valor λ_1 das faces dêsse ângulo sólido é dado por $\cos\frac{\lambda}{2}\cos\frac{\lambda_1}{2} = \frac{1}{2}$ e, portanto, λ_1 varia entre zero e $\frac{2\pi}{3}$.

*
* *

c) O teorema I pode ainda enunciar-se desta maneira:

Se f (P) é uma função contínua real, definida sôbre a superfície S^2 *duma esfera do espaço* R^3, *qualquer que seja o número positivo* λ, *menor que* $\frac{2\pi}{3}$, *há sempre, sôbre* S^2, *três pontos equidistantes, à distância (esférica)* λ, *nos quais a função toma valores iguais.*

Êste resultado, conseguido à custa dos conceitos de homotopia e de grupo topológico, põe bem em evidência a importância algorítmica dêsses conceitos; nada impedindo, bem entendido, que o teorema possa ter, talvês, uma demonstração mais elementar. E não deixará também de ser curioso averiguar se o princípio é generalizável aos espaços R^n pluridimensionais.

Estudo das estruturas hiperestáticas pelos teoremas de Castigliano e pelo método de Beggs

PELO ENG.º CIVIL (I. S. T.) MANUEL ROCHA

ASSISTENTE DO I. S. T.
BOLSEIRO DO I. A. C.

(Conclusão)

20) Estruturas com tensões iniciais

Consideremos a estrutura representada na fig. 62. Suponhamos que a construção desta estrutura foi conduzida de tal modo que se obteve primeiramente a estrutura sem as barras superabundantes $A_1 B_2$ e $B_2 A_3$, e que vamos em seguida intercalar estas duas barras. Se elas tiverem comprimentos diferentes das distâncias entre os nós que vão ligar, haverá necessidade, para realizar a sua inclusão, de aproximar ou afastar estes nós, e portanto a estrutura ficará submetida a tensões apesar de não estar sujeita a cargas. Estas tensões são designadas tensões iniciais. Elas são função sòmente das incógnitas hiperestáticas T_1 e T_2. Designemos por U a energia de deformação elástica devida a T_1 e T_2 (não actuam cargas). Estas incógnitas devem satisfazer ao sistema:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial U}{\partial T_1} = \lambda_1 \\ \dfrac{\partial U}{\partial T_2} = \lambda_2 \end{cases},$$

onde λ_1 designa a diferença entre o comprimento da barra a intercalar entre os nós A_1 e B_2 e a distância primitiva dêstes nós, e λ_2 a mesma grandeza relativamente aos nós B_2 e A_3.

Se na estrutura da fig. 62, as barras $A_1 B_2$ e $B_2 A_3$ tivessem sofrido variações de comprimento, conhecidas, provocadas por qualquer causa, como por exemplo variação de temperatura ou deformação permanente, as tensões desenvolvidas na estrutura calculavam-se como anteriormente.

Dum modo geral, designam-se por tensões iniciais as tensões existentes num sólido que não está submetido a *cargas*.

Dada uma estrutura hiperestática, vejamos como podemos concluir se ela, num certo estado, se encontra submetida a tensões iniciais. Para isso efectuemos os cortes e modificações de secções que é necessário realizar para se obter uma das estruturas isostáticas correspondentes; a estrutura dada está submetida a tensões iniciais se, e só quando, os dois bordos de alguns ou todos os cortes e secções modificadas se deslocarem um em relação ao outro. Claro que não se podem realizar efectivamente os cortes e modificações de secções considerados mas, conhecendo a evolução da estrutura, podemos prever se se dariam os citados deslocamentos.

No estudo das estruturas hiperestáticas feito no parágrafo 18), ao escrevermos o sistema de equações 20) a que devem satisfazer as incógnitas hiperestáticas, supozemos implìcitamente que a estrutura não estava submetida a tensões iniciais.

No caso de haver tensões iniciais as incógnitas hiperestáticas devem satisfazer ao sistema:

$$
23) \quad \begin{cases}
\dfrac{\partial U}{\partial R_1} = \mu_1 \\[2ex]
\dfrac{\partial U}{\partial R_2} = \mu_2 \\[2ex]
\cdots\cdots \\[2ex]
\dfrac{\partial U}{\partial R_{g_e}} = \mu_{g_e} \\[2ex]
\dfrac{\partial U}{\partial V_1} = \lambda_1 \\[2ex]
\dfrac{\partial U}{\partial V_2} = \lambda_2 \\[2ex]
\cdots\cdots \\[2ex]
\dfrac{\partial U}{\partial V_{g_i}} = \lambda_{g_i},
\end{cases}
$$

onde U designa a energia de deformação devida às cargas e às incógnitas hiperestáticas, e $\mu_1, \mu_2 \ldots \mu_{g_e}, \lambda_1, \lambda_2, \ldots \lambda_{g_i}$ designam os deslocamentos iniciais correspondentes a $R_1, R_2, \ldots R_{g_e}, V_1, V_2, \ldots V_{g_i}$, isto é, os deslocamentos, entre os dois bordos dos cortes e secções modificadas, observados na estrutura isostática correspondente antes da aplicação das cargas e das incógnitas hiperestáticas.

Deve notar-se que há muitas vezes dificuldade em conhecer os valores de $\mu_1, \mu_2, \ldots \mu_{g_e}, \lambda_1, \lambda_2, \ldots \lambda_{g_i}$.

Do sistema de equações que escrevemos conclue-se que: *dada uma estrutura hiperestática submetida a um certo sistema de cargas, a energia de deformação elástica é estacionária quando a estrutura não estiver submetida a tensões iniciais. Prova-se que é mínima.*

Em geral calculam-se separadamente os valores das incógnitas hiperestáticas devidos às cargas e às tensões iniciais. Para calcular os primeiros segue-se precisamente o caminho indicado no parágrafo 18), isto é, supõe-se que não existem tensões iniciais; para calcular os segundos recorre-se a um sistema do tipo 23), onde U designará a energia devida sòmente às incógnitas hiperestáticas. Da sobreposição dos valores assim obtidos resultam necessàriamente os que decorreriam da resolução do sistema 23).

No parágrafo 16) foi feito o estudo da determinação das tensões iniciais em estruturas exteriormente hiperestáticas e interiormente isostáticas.

A deformação permanente, a variação uniforme ou não de temperatura, a retracção no caso de estruturas de betão e betão armado, são causas correntes de tensões iniciais.

21) Método de Beggs

O estudo das estruturas hiperestáticas pelos teoremas de Castigliano, no caso do grau de indeterminação ser elevado, encontra, como já fizemos notar no parágrafo 14), uma grande dificuldade: o trabalho necessário para o estabelecimento e resolução dos sistemas de equações lineares a que conduzem êsses teoremas. No entanto o estudo dos teoremas de Castigliano é indispensável para a aquisição dum conhecimento perfeito do comportamento geral das estruturas hiperestáticas.

Em virtude da dificuldade apontada tem-se sentido a necessidade de desenvolver métodos particulares de cálculo e métodos experimentais. Estes métodos usam-se não só independentemente como também para verificação dos resultados fornecidos pelo cálculo.

Dentre os métodos experimentais vamos tratar do método de Beggs que é o mais correntemente utilizado. Permite a determinação dos valores das incógnitas hiperestáticas exteriores e interiores, no caso duma estrutura plana submetida a fôrças existentes no plano da estrutura.

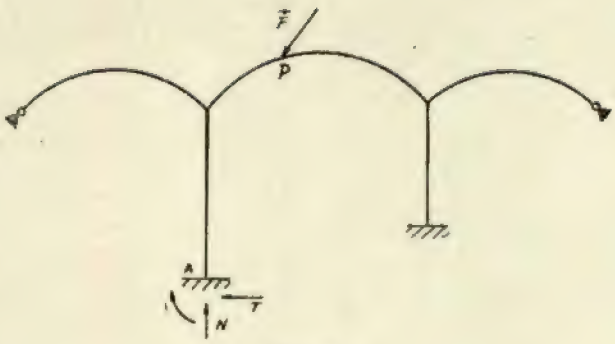


Fig. 72

Para a determinação das incógnitas hiperestáticas exteriores o método de Beggs, assim como outros, tais como o de Bull e Gottschalk, baseia-se em conseqüências, que vamos estudar, do teorema da reciprocidade exposto nos parágrafos 7) e 8).

Consideremos uma estrutura plana exteriormente hiperestática e interiormente isostática ou hiperestática, por exemplo a estrutura representada na fig. 72, submetida a uma fôrça $\vec{F}$ existente no plano da estrutura. Designemos por N, T e M os elementos que definem a reacção do apoio A.

Retiremos a fôrça $\vec{F}$ e imprimamos à secção de encastramento do apoio A uma pequena *translação* δ_N na direcção da normal à secção (fig. 73). Para realizar esta translação é, em geral, necessário aplicar à secção um esfôrço normal, um esfôrço transverso e um momento flector que designamos respectivamente por N', T' e M'. Seja δ o deslocamento correspondente a $\vec{F}$ que se observa em virtude da translação δ_N.

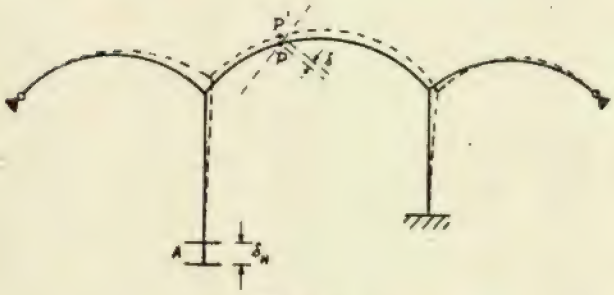


Fig. 73

Apliquemos o teorema da reciprocidade.

O primeiro sistema de fôrças aplicadas à estrutura é definido por:

$$F, N, T, M;$$

os deslocamentos correspondentes são:

$$\delta', 0, 0, 0 \quad (\delta' \text{ é desconhecido}).$$

O segundo sistema de fôrças é definido por:

$$0, N', T', M';$$

os deslocamentos correspondentes são:

$$\delta, \delta_N, 0, 0 .$$

Portanto:

$$F\delta + N\delta_N = 0,$$

donde:

24) $$N = -\frac{\delta}{\delta_N} F .$$

Isto é, o valor do coeficiente de influência de $\vec{F}$ sôbre a componente normal, N, da reacção do apoio A, é $-\frac{\delta}{\delta_N}$.

Portanto se construirmos um modêlo da estrutura e impuzermos ao apoio A uma translação δ_N, arbitrária mas suficientemente pequena, e medirmos o deslocamento, δ, de P na direcção de $\vec{F}$, basta recorrer à expressão 24) para obtermos o valor da componente normal, N, da reacção do apoio A da estrutura dada. Deve frizar-se que não há necessidade de aplicar a fôrça $\vec{F}$ ao modêlo: basta medir δ e δ_N .

Suponhamos agora que imprimimos à secção de encastramento do apoio A da estrutura dada, depois de retirada a fôrça $\vec{F}$, uma pequena *translação*, δ_T, na direcção de T (fig. 74). Seja δ o deslocamento correspondente a $\vec{F}$ observado. Designemos por N'', T'' e M'' o esfôrço normal, o esfôrço transverso e o momento flector postos em jôgo para realizar esta translação.

Apliquemos o teorema da reciprocidade:

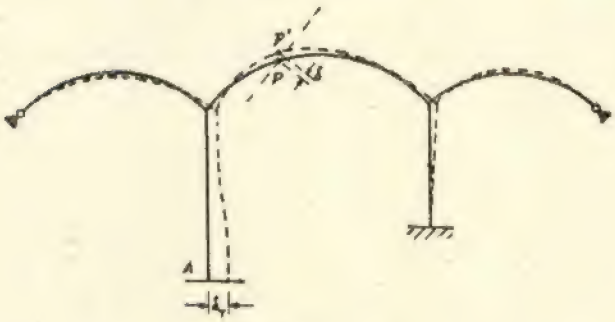


Fig. 74

$$\begin{array}{c} F\,,\,N\,,\,T\,,\,M \\ \delta'\,,\,0\,,\,0\,,\,0 \\ \hline 0\,,\,N''\,,\,T''\,,\,M'' \\ \delta\,,\,0\,,\,\delta_T\,,\,0 \end{array} .$$

Vem:

$$F\,\delta + T\,\delta_T = 0 \quad ,$$

donde:

25) $$T = -\frac{\delta}{\delta_T} F \quad .$$

Tal como anteriormente os valores de δ e δ_T podem obter-se com o modêlo da estrutura, impondo à secção de encastramento a translação suficientemente pequena δ_T .

Deve notar-se que as expressões 24) e 25) dão os valores do esfôrço normal o do esfôrço transverso desenvolvidos na estrutura dada independentemente da escala em que se construíu o modêlo, pois nessas expressões figuram sòmente relações entre os deslocamentos.

Podíamos ter imposto à secção de encastramento uma translação $\delta_\triangle$ numa direcção qualquer $\triangle$. Então a expressão:

$$-\frac{\delta_\triangle}{\delta} F \quad ,$$

dava o valor da componente da reacção do apoio segundo a direcção $\triangle$.

Anàlogamente, imprimamos à secção de encastramento A uma pequena *rotação*, ϑ, em tôrno do seu centro de gravidade, evitando translação em qualquer direcção (fig. 75). Se designarmos por N''', T''' e M''' o esfôrço normal, o esfôrço transverso e o momento flector postos em jôgo, vem:

$$\begin{array}{c} F\,,\,N\,,\,T\,,\,M \\ \delta'\,,\,0\,,\,0\,,\,0 \\ \hline 0\,,\,N'''\,,\,T'''\,,\,M''' \\ \delta\,,\,0\,,\,0\,,\,\vartheta \end{array} .$$

Portanto:

$$F\delta + M\theta = 0 ,$$

donde:

26) $$M = -\frac{\delta}{\theta} F .$$

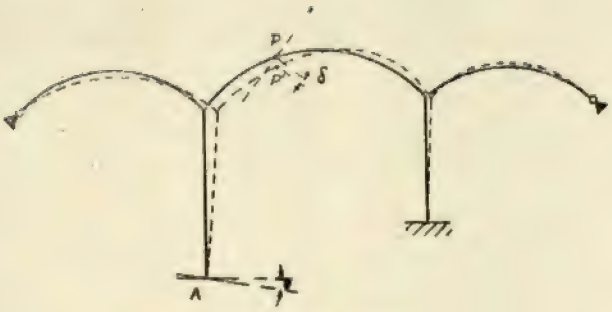


Fig. 75

Se impuzermos a um modêlo da estrutura, construído na escala $\frac{1}{k}$, a rotação θ, e medirmos o deslocamento correspondente a $\vec{F}$, δ_m, é:

$$\delta = k\,\delta_m .$$

Portanto, vem:

$$M = -\frac{k\,\delta_m}{\theta} F .$$

Em resumo: as expressões 24), 25) e 26) permitem, com o auxílio dum modêlo, a determinação dos elementos que definem a reacção do apoio A da estrutura exteriormente hiperestática considerada.

O mesmo se conclue para qualquer apoio duma estrutura exteriormente hiperestática, mesmo que seja um apoio com articulação ou com articulação e escorregamento. No caso dum apoio com articulação, para determinarmos as duas componentes da reacção, basta impor ao apoio do modêlo deslocamentos em duas direcções, e recorrer às expressões 24) e 25); no caso dum apoio com articulação e escorregamento basta impor ao apoio um deslocamento provocado por uma fôrça normal à superfície de escorregamento, e recorrer à expressão 24) onde δ_N designará a projecção dêsse deslocamento na direcção da normal à superfície de escorregamento de apoio.

Consideremos uma estrutura submetida a um sistema de fôrças $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \ldots \vec{F}_n$. Qualquer das componentes da reacção dum apoio tem uma expressão da forma:

$$-\frac{1}{\delta_R}\left(\delta_1 F_1 + \delta_2 F_2 + \ldots + \delta_n F_n\right) ,$$

onde $\delta_1, \delta_2, \ldots \delta_n$ designam os deslocamentos correspondentes a $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \ldots \vec{F}_n$ produzidos quando se impõe ao apoio o deslocamento linear ou angular δ_R nas condições que vimos atrás.

Para determinarmos uma linha de influência, por exemplo da componente normal, N, da reacção dum apoio devida a cargas verticais, basta impor a translação δ_N e medir num número suficiente de pontos os deslocamentos segundo a vertical, δ; estes deslocamentos são as ordenadas da linha de influência na escala δ_N. Procede-se duma maneira análoga para qualquer outra componente da reacção e para fôrças actuantes segundo outras direcções.

Os resultados a que temos chegado generalizam-se imediatamente para estruturas a três dimensões. No entanto em virtude da dificuldade de construção dos modelos e sobretudo da imposição e medição de deslocamentos, não se recorre ordinàriamente a esta generalização.

Vejamos agora como se podem impor os deslocamentos lineares e angulares aos apoios das estruturas planas exteriormente hiperestáticas.

No método de Beggs estes deslocamentos são impostos por meio de um aparelho muito simples inventado em 1927 pelo professor americano G. E. Beggs. Êste aparelho é essencial-

mente constituído por duas peças B_1 e B_2 (fig. 76) que se podem deslocar uma em relação à outra, mantendo-se contudo sempre ajustadas às cavilhas C_1 e C_2 em virtude das molas representadas na figura.

Quando pretendemos determinar as componentes da reacção de um apoio encastrado, liga-se uma das peças do aparelho ao modêlo e a outra à mesa de trabalho, tal como está

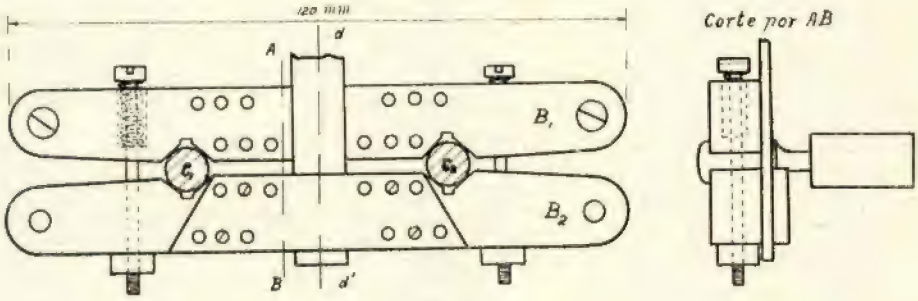


Fig. 76

indicado na fig. 76. Quando se trata da determinação das componentes da reacção de um apoio com articulação, a ligação do modêlo ao aparelho faz-se como indica a fig. 77.

Para impor ao apoio um deslocamento (que é uma translação no caso do apoio encastrado) na direcção, dd', da normal ao plano que contém os eixos das cavilhas, basta substituir as cavi-

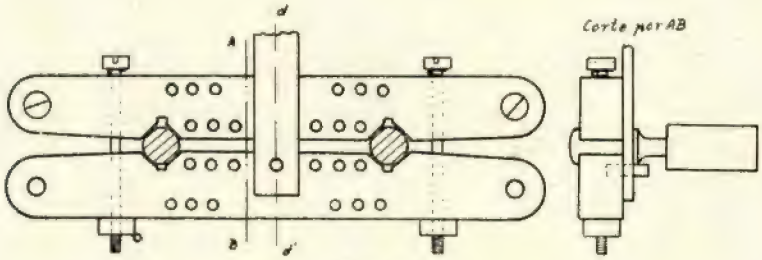


Fig. 77

lhas primitivamente intercaladas, de diâmetro D_1, por outras de diâmetro diferente, D_2. O deslocamento obtido tem a grandeza:

$$\delta_N = \sqrt{2}\ (D_2 - D_1)\ .$$

Para impor ao apoio um deslocamento na direcção da normal a dd', intercalam-se em vez das cavilhas de secção circular outras cuja secção tem a forma indicada na fig. 78; rodando simultâneamente estas duas cavilhas de 90° o apoio do modêlo desloca-se, na direcção considerada, de:

$$\delta_T = \sqrt{2}\ (D_2 - D_1)\ ,$$

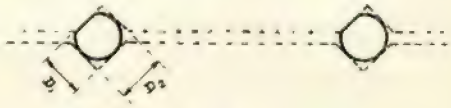


Fig. 78

sendo D_1 e D_2 as grandezas definidas na fig. 78.

Finalmente, no caso do apoio com encastramento, para se impor uma rotação ϑ à secção de encastramento, começa-se por intercalar cavilhas de diâmetros diferentes, D_1 e D_2; trocando a posição destas cavilhas a secção roda de:

$$\vartheta = \sqrt{2}\,\frac{D_2 - D_1}{L}\ ,$$

designando por L a distância entre os eixos das cavilhas.

Os deslocamentos lineares impostos aos apoios são da ordem do milimetro e o deslocamento angular da ordem de $\frac{1}{100}$ do radiano.

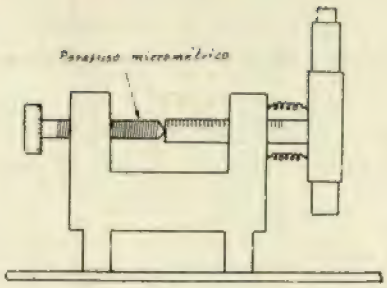


Fig. 79

No método de Beggs a medição do deslocamento correspondente a $\vec{F}$, δ, faz-se com um microscópio ligado a um parafuso micrométrico (fig. 79). O microscópio tem dois fios de reticulo perpendiculares entre si; um dêstes fios dispõe-se paralelamente ao eixo do parafuso. Para a medição de δ coloca-se o microscópio de tal modo que o fio de reticulo paralelo ao eixo do parafuso fique também paralelo a $\vec{F}$. O ponto de aplicação da fôrça $\vec{F}$, P, passa, após o deslocamento imposto ao apoio do modêlo, para um posição P' (fig. 80); a diferença das leituras feitas na escala do parafuso micrométrico quando o fio de reticulo r passa por P e P', é o valor de δ.

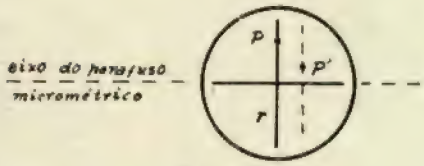


Fig. 80

Com o aparelho chamado microinfluenciómetro de Magnel pode fazer-se simultâneamente a medição de δ em vários pontos, pois o aparelho dispõe de diversos microscópios. Pode assim fazer-se mais ràpidamente o traçado das linhas de influência.

No quadro da página seguinte estão apresentados os resultados obtidos pela aplicação do método de Beggs ao pórtico simples de secção constante representado na fig. 81; as linhas de

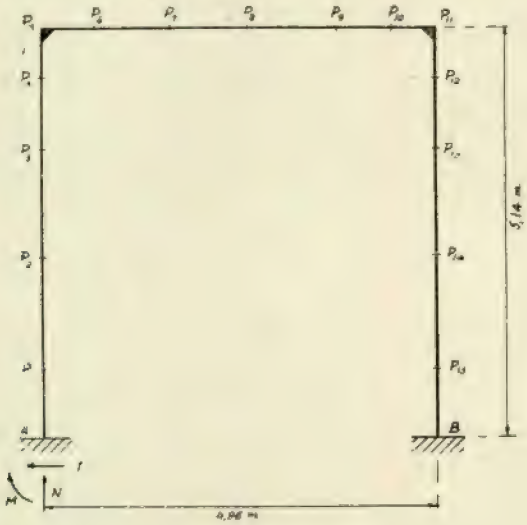


Fig. 81

influência são relativas a cargas normais à linha média do pórtico. O modêlo do pórtico, feito de celulóide com a espessura de 2 mm, foi construído na escala $\frac{1}{25}$; a largura do modêlo, que podia ser qualquer visto o pórtico ter secção constante, era de 15 mm. Os deslocamentos impostos ao apoio do modêlo foram os seguintes:

$$\delta_N = 1{,}29 \text{ mm}$$
$$\delta_T = 1{,}27 \text{ mm}$$
$$\theta = 0{,}0335 \text{ radianos}.$$

Pontos	Posição		Ordenadas da linha de influência de N		Ordenadas da linha de influência de T		Ordenadas da linha de influência de M	
			Valores experimentais	Valores analíticos	Valores experimentais	Valores analíticos	Valores experimentais	Valores analíticos
P_1	1,29 m	Distâncias a A	0,027	0,028	0,952	0,945	0,93 m	0,97 m
P_2	2,60		0,120	0,114	0,803	0,807	1,42	1,44
P_3	3,86		0,247	0,252	0,645	0,646	1,56	1,54
P_4	4,50		0,341	0,341	0,568	0,568	1,54	1,52
P_5	5,14		0,436	0,445	0,506	0,500	1,52	1,44
P_6	0,66	Distâncias a P_5	0,886 *	0,880 *	0,062 *	0,055 *	0,061 *	0,065 *
P_7	1,28		0,751	0,753	0,095	0,092	0,088	0,121
P_8	2,54		0,491	0,487	0,110	0,119	0,178	0,203
P_9	3,81		0,222	0,218	0,084	0,085	0,165	0,178
P_{10}	4,44		0,091	0,093	0,050	0,045	0,112	0,102
P_{11}	4,96	Distâncias a B	0,447 *	0,445 *	0,501 *	0,500 *	1,49 *	1,46 *
P_{12}	4,52		0,333	0,346	0,436	0,436	1,34	1,29
P_{13}	3,88		0,256	0,256	0,356	0,358	1,12	1,08
P_{14}	2,60		0,117	0,115	0,199	0,194	0,625	0,598
P_{15}	1,34		0,031	0,030	0,055	0,060	0,206	0,187

Os valores marcados com asterisco referem-se a cargas horizontais.

Os desvios entre os valores experimentais e analíticos são muito pequenos.

No estudo de estruturas exteriormente hiperestáticas usam-se também modelos constituídos por barras metálicas de pequena secção, aos quais se podem impor grandes deformações elásticas.

Assim consideremos uma viga contínua de momento de inércia constante e com vãos quaisquer, por exemplo l_1, l_2 e l_3. Vejamos como se pode determinar experimentalmente a linha de influência da reacção do primeiro apoio, relativamente a cargas normais à linha média da viga.

Para modêlo tomemos uma barra metálica bem desempenada de secção constante, fixada por meio de pequenos pregos a uma mesa, conforme indica a fig. 82, e de tal modo que:

$$\frac{l_1}{l'_1} = \frac{l_2}{l'_2} = \frac{l_3}{l'_3} .$$

Fig. 82

Imprimamos, tal como indica a fig. 83, ao extremo esquerdo da barra um deslocamento δ_N; a barra toma a forma indicada nesta figura. Como vimos atrás, os valores de δ ao longo da barra são, na escala δ_N, as ordenadas da linha de influência da reacção do primeiro apoio da viga contínua considerada.

O deslocamento δ_N imposto pode ser de alguns centímetros. Dêste modo, se a barra estiver assente sôbre papel milimétrico, para traçarmos a linha de influência basta percorrer

Fig 83

com um lápis o contôrno da barra deformada, lendo-se directamente as ordenadas da linha de influência.

Para a determinação da linha de influência da reacção doutro apoio, procede-se anàlogamente.

Suponhamos que a viga contínua tem o primeiro apoio encastrado. Então para se determinar a linha de influência da componente vertical da reacção dêste apoio, tem de se impor um deslocamento δ_N evitando que o extremo da barra sofra rotação. Se imprimirmos uma rotação a êste extremo a barra toma a forma da linha de influência do momento flector na secção encastrada.

Pode também estudar-se dêste modo uma viga contínua de momento de inércia variável.

A fim de dar um idéia da precisão do método exposto, apresentamos no quadro da página seguinte os resultados obtidos na determinação da linha de influência da reacção do primeiro apoio duma viga contínua de momento de inércia constante com três tramos iguais. Usou-se como modêlo

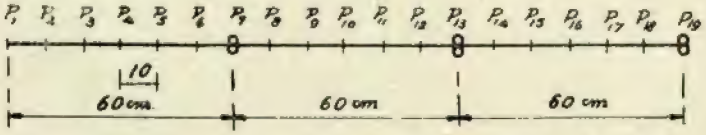


Fig. 84

uma barra de aço com 3 × 3 mm de secção e tomaram-se vãos de 60 cm (fig. 84); impuzeram-se deslocamentos δ_N iguais a 5 e 10 cm, num e noutro sentido. Cada valor inscrito na segunda coluna do quadro é a média dos quatro valores obtidos a partir dos quatro deslocamentos impostos. Na última coluna do quadro figuram os valores das ordenadas da linha de influência obtidos analìticamente.

Pontos	Valores experimentais	Valores analíticos
P_1	+ 1,000	+ 1,000
P_2	+ 0,787	+ 0,789
P_3	+ 0,585	+ 0,587
P_4	+ 0,399	+ 0,389
P_5	+ 0,229	+ 0,233
P_6	+ 0,098	+ 0,099
P_7	0	0
P_8	— 0,056	— 0,057
P_9	— 0,078	— 0,079
P_{10}	— 0,073	— 0,075
P_{11}	— 0,054	— 0,054
P_{12}	— 0,027	— 0,026
P_{13}	0	0
P_{14}	+ 0,016	+ 0,017
P_{15}	+ 0,025	+ 0,025
P_{16}	+ 0,025	+ 0,025
P_{17}	+ 0,020	+ 0,019
P_{18}	+ 0,011	+ 0,011
P_{19}	0	0

Como se vê a concordância entre os resultados experimentais e analíticos é surpreendente.

Podem usar-se modelos de barras metálicas para estudar qualquer estrutura; estes modelos podem ser constituídos por elementos soldados. Em geral a precisão dos resultados não é tão grande como no caso da viga contínua apresentado, mas no entanto suficiente em muitos casos.

Deve notar-se que o teorema da reciprocidade e portanto as suas conseqüências só são verdadeiras quando se trata de pequenos deslocamentos dos pontos do sólido que se deforma; portanto, da imposição de grandes deslocamentos aos modelos resultam, para os resultados obtidos, erros que são tanto maiores quanto maiores forem os deslocamentos.

Vejamos como o aparelho de Beggs se pode aplicar para a determinação do esfôrço normal, do esfôrço transverso e do momento flector desenvolvidos numa secção qualquer duma estrutura hiperestática plana.

Consideremos uma secção transversal mn do modêlo duma estrutura hiperestática plana submetida a uma fôrça $\vec{F}$, e designemos por N, T e M o esfôrço normal, o esfôrço transverso e o momento flector desenvolvidos nesta secção.

Cortemos o modêlo pela secção mn. Para que a estrutura, submetida à fôrça $\vec{F}$, mantenha a mesma configuração e portanto esteja submetida às mesmas tensões é necessário aplicar aos bordos do corte, conforme indica a fig. 85, fôrças e binários de grandezas N, T e M. Designemos por δ' o deslocamento correspondente a $\vec{F}$, e por δ'_N δ'_T e δ'_M os deslocamentos cor-

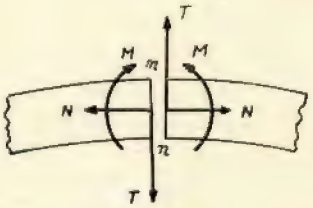


Fig. 85

respondentes às fôrças de grandeza N e T e ao binário de grandeza M, aplicados num dos bordos do corte; os deslocamentos correspondentes às fôrças e ao binário aplicados no outro bôrdo são $-\delta'_N$, $-\delta'_T$ e $-\delta'_M$, visto os bordos do corte não se deslocarem um em relação ao outro.

Retiremos a fôrça $\vec{F}$ e apliquemos o aparelho de Beggs às duas partes da estrutura separadas pelo corte, conforme indica a fig. 86. O aparelho não está, como para a determinação das

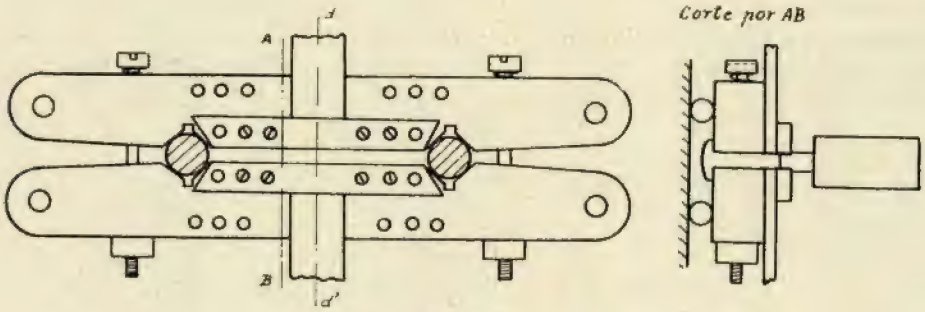


Fig. 86

reacções dos apoios, ligado à mesa onde se apoia a estrutura, mas sim apoiado sôbre esferas cujo atrito de rolamento supomos ser desprezível.

Substituamos as cavilhas de diâmetro D_1 primitivamente intercaladas, por outras de diâmetro D_2. Seja δ_N a *translação* que sofrem os bordos do corte, um em relação ao outro, e δ o deslocamento correspondente a $\vec{F}$. Designemos por N_1, T_1 e M_1 o esfôrço normal, o esfôrço transverso e o momento flector que o aparelho de Beggs exerce sôbre um dos bordos do corte; em virtude do aparelho estar assente sôbre as esferas, o esfôrço normal, o esfôrço transverso e o momento flector exercidos pelo aparelho sôbre o outro bôrdo têm a mesma grandeza e sentidos contrários.

Apliquemos o teorema da reciprocidade.

Primeiro sistema de fôrças → $F, N, T, M, \quad N, \quad T, \quad M$

Deslocamentos correspondentes → $\delta', \delta'_N, \delta'_T, \delta'_M, -\delta'_N, -\delta'_T, -\delta'_M$

Segundo sistema de fôrças → $0, N_1, T_1, M_1, \quad N_1, \quad T_1, \quad M_1$

Deslocamentos correspondentes → $\delta, \delta'_{N_1}, \delta_{T_1}, \delta_{M_1}, \quad \delta''_{N_1}, -\delta_{T_1}, -\delta_{M_1}$.

Vem:

$$F\,\delta + N\,\delta'_{N_1} + T\,\delta_{T_1} + M\,\delta_{M_1} + N\,\delta''_{N_1} - T\,\delta_{T_1} - M\,\delta_{M_1} = \delta'.0 + N_1\,\delta'_N + T_1\,\delta'_T + M_1\,\delta'_M - \\ - N_1\,\delta'_N - T_1\,\delta'_T - M_1\,\delta'_M\,.$$

Donde:

$$F\,\delta + N\,(\delta'_{N_1} + \delta''_{N_1}) = 0\,.$$

Mas:

$$\delta'_{N_1} + \delta''_{N_1} = \delta_N\,.$$

Logo:

$$N = -\frac{\delta}{\delta_N} F .$$

Portanto para se determinar o esfôrço normal, N, desenvolvido na secção mn quando se aplica a fôrça $\vec{F}$ à estrutura, basta medir o deslocamento δ correspondente a $\vec{F}$ provocado por uma translação conhecida δ_N imposta aos bordos do corte efectuado pela secção mn, e aplicar a expressão anterior.

Se impuzermos a um dos bordos do corte em relação ao outro uma *translação* δ_T na direcção de T, conclui-se que:

$$T = -\frac{\delta}{\delta_T} F ,$$

onde δ é o deslocamento correspondente a $\vec{F}$ provocado por δ_T .

Semelhantemente se impuzermos a um dos bordos do corte em relação ao outro uma rotação θ, vem:

$$M = -F \frac{\delta}{\theta} .$$

Portanto conclui-se que o método de Beggs permite determinar as linhas de influência do esfôrço normal, do esfôrço transverso e do momento flector desenvolvidos numa secção qualquer duma estrutura hiperestática plana.

FISCALIZAÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS

PELO ENG.º CIVIL (U. P.) HORÁCIO DE MOURA

(Continuação)

Produtos cerâmicos

1 — *Tejolos* — Pedras artificiais preparadas com terras argilosas, sucessivamente amassadas, moldadas, sêcas e cozidas. A terra para tejolos contém, além de silicato de alumina, quartzo, areia, carbonato de cálcio, compostos terrosos, etc. O excesso de silicato de alumina hidratado dá terras argilosas gordas — suaves ao tacto, formando uma pasta muito plástica, dando lugar a materiais que se contraem muito pela seca e cozedura, deformando-se e gretando fàcilmente. Pelo contrário, o excesso de areia dá lugar a terras argilosas magras, com que se obtêm tejolos porosos e pouco resistentes. As argilas que contêm quantidades de carbonato de cálcio que vão de 10 a 15 %, dão óptimos tejolos; as que são excessivamente calcáreas, vitrificam-se durante a cozedura em virtude da formação de silicatos polibásicos fusíveis, dando além disso tejolos com grãos de cal viva na massa, que ao hidratar-se provocam a sua desagregação. A areia, nas boas terras, deve entrar na proporção de 24 % de areia de grão grosso e 15 % de areia pulverulenta. As diversas combinações de ferro não são prejudiciais, se a sua quantidade é conveniente, contribuindo para aumentar a resistência dos tejolos depois da cozedura. Argilas aluminosas com pequena porção de ferro, pouco cozidas, dão produtos de côr esbranquiçada, que calcinadas a alta temperatura, tomam uma côr que varia entre o amarelo e o pardo; cozendo-se a temperatura elevada ficam os produtos esverdeados. Assim acontece com as terras que apresentam uma percentagem de 20 a 28 % de alumina e de 1 a 5 % de hidróxido de ferro, admitindo-se, por isso, um limite máximo de alumina igual a 5 vezes e meia a percentagem dos compostos de ferro.

As argilas que são pouco aluminosas e ricas em ferro, formam o grupo mais importante da indústria cerâmica de fabrico de tejolos; quando a proporção entre a quantidade de alumina não excede 3 vezes a dos compostos de ferro, os tejolos aparecem com a coloração vermelha característica. As margas argilosas são pouco aluminosas, ricas em ferro e cal; cozidas a baixa temperatura apresentam uma côr vermelha, devida ao ferro, porém sob a acção duma cozedura mais intensa formam silicatos e tomam tons vermelhos claros ou amarelo esbranquiçados, chegando mesmo a vitrificar-se e então ficam amarelo esverdeado.

A pirite (S_2 Fe) é muito prejudicial às argilas, pois converte-se em sulfato de ferro que por acção do anidrido carbónico, se poderá transformar em carbonato, com formação de gêsso; o gêsso dá lugar a eflorescências à superfície dos tejolos e ao hidratar-se, prejudica-os. Também a pirite com carbonato de magnésio origina o sal Glauber, que rouba aos tejolos a resistência aos agentes atmosféricos.

Devem eliminar-se da massa das argilas os detritos pétreos e outros que, dilatando-se enquanto a argila se contrai durante a cozedura, dão origem a que os tejolos fendilhem.

As matérias orgânicas e os sais alcalinos, devem também eliminar-se das terras argilosas; as primeiras, originando cinzas que constituem sais solúveis e os segundos, ao evaporar-se a água de dissolução, transportam-se até à superfície dos tejolos e podem originar fenómenos de desagregação. Estas terras argilosas são por isso preparadas; ora para lhe separar componentes prejudiciais, ora para lhe destruir a estratificação natural e prestar à argila a uniformidade conveniente, relativamente à côr, estrutura e composição. Esta correcção, faz-se geralmente durante a amassadura que é seguida

da moldação, seca e cozedura, fenómenos que não analisaremos aqui, pois êles são demais conhecidos. Entre os tejolos mais usados na construção civil portuguesa, citaremos:

a) *Tejolos maciços* — Tejolo «burro» — Apresenta-se com as dimensões seguintes: 0,23 × 0,19 × 0,06 ou 0,07 - 0,23 × 0,11 × × 0,12 ou 0,14 — 0,30 × 0,15 × 0,08 m.

É um material resistente, que se emprega muito em paredes mestras que sejam solicitadas por cargas; o pêso de 1 m^3 dêste tejolo varia, mas pode tomar-se a média de 1.800 kg; a sua resistência à compressão não será inferior a 150 kg/cm^2 e a absorção de água ficará compreendida entre 5 e 8 %.

Tejolos prensados — Têm as dimensões de 0,22 × 0,11 × 0,06 ou de 0,22 × 0,11 × × 0,04 m.

Empregam-se para revestir paramentos; fabricam-se esmeradamente com argilas homogéneas, de plasticidade especial e apresentam côres vivas e uniformes.

Tejolos curvos — Empregam-se na construção de chaminés ou revestimentos diversos a cuja forma se adaptem (poços, cisternas, etc.); são fabricados para os seguintes raios: 0,50 — 0,80 — 1,00 — 1,50 e 2,00 m.

Tejolos rebatidos — Apresentam-se com as dimensões seguintes: 0,34 × 0,34 × 0,04 — — 0,32 × 0,32 × 0,03 — 0,30 × 0,15 × × 0,03 — 0,27 × 0,13 × 0,03 e 0,22 × 0,22 × × 0,03 m; são usados para revestir pavimentos, em lares de fornos e muito especialmente, sob a designação de tejoleira, no revestimento de terraços.

b) *Tejolos furados* — Tejolos vulgares — São estes tejolos os mais usados na construção civil; com êles se constroem quási sempre as divisórias interiores dos edifícios e quantas vezes os pavimentos, as paredes mestras e exteriores. Variadíssimos tipos aparecem no mercado; as dimensões mais vulgares são:

0,20 × 0,11 × 0,06 — 2 furos
0,22 × 0,11 × 0,06 — »
0,23 × 0,11 × 0,06 — »
0,23 × 0,11 × 0,07 — »
0,30 × 0,20 × 0,10 — »
0,28 × 0,14 × 0,03 — 3 furos
0,30 × 0,15 × 0,08 — »
0,34 × 0,16 × 0,05 — »
0,34 × 0,16 × 0,03 — »
0,36 × 0,16 × 0,05 — »
0,23 × 0,11 × 0,14 — 4 furos

A fig. 13 apresenta dois tipos interessantes de tejolo vazado, com ranhuras no sentido dos furos

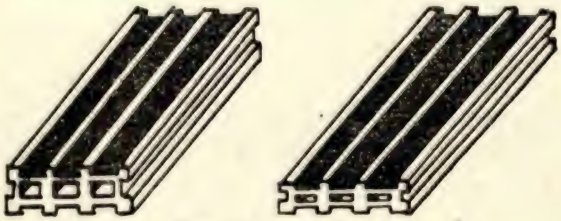


Fig. 13

Tejolos para abobadilhas — É fabricado tejolo especial para abobadilhas, como se vê na fig. 14; êste género de construção é muito usado no sul do País.

c) *Tejolos especiais* — Tejolos porosos — Misturando com o barro, matérias combustíveis reduzidas a pó, que durante a cozedura se queimam, resulta um produto de porosidade uniforme; a densidade aparente fica sensìvelmente reduzida, mas a resistência dos tejolos às cargas, fica também reduzida a metade. A absorção de água nestes tejolos é grande, alterando-se em contacto com os agentes atmosféricos; só se usam, por isso, em interiores.

Tejolos Klinker — São completamente vitrificados, sem contudo terem chegado à fusão; dão um som claro quando precotidos, e não absorvem água. O seu uso no nosso País é pràticamente desconhecido, pôsto que no estrangeiro tenham enorme consumo.

A fabricação do Klinker é limitada pela existência de argilas especiais.

$$K c = 400 \text{ kg/cm}^2$$

Na alvenaria de tejolos Klinker deve só usar-se argamassa hidráulica; esta, que pesa

cêrca de 1.800 a 2.000 kg, utiliza-se com vantagem em construções sujeitas a grandes cargas.

Tejolos e ladrilhos refractários — Moldam-se com argila refractária misturada em substâncias magras que se secam lentamente e se cozem ao rubro branco. Os tejolos esbranquiçados e porosos, são capazes de resistir a elevadíssimas temperaturas; mas os compactos e sonoros são menos resistentes.

O ponto de fusão varia desde o n.º 32 de Seger (1770º) até ao n.º 34 (1810º).

Na alvenaria de tejolo refractário emprega-se argamassa também refractária ou de cimentos especiais. As dimensões mais conhecidas dêstes tejolos são: 23 × 11 × 6 — 23 × × 11 × 6,5 — 22 × 11 × 4,5 e 22 × 11 × 3; além disso há tejolos biselados, meios tejolos, tejolos de cunha, cortados em diagonal, curvos, etc.

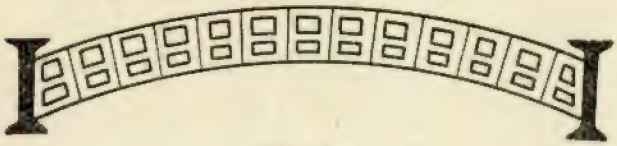


Fig. 14

Nos tejolos de bauxite temos uma variedade dêste tipo; são constituídos por bauxite, com adição de argila refractária até 1/6 do seu pêso.

Estes tejolos empregam-se na construção dos fornos metalúrgicos.

A resistência das alvenarias de tejolo refractário aumenta-se, rebocando-os com argamassa de argila refractária e carborundo, aplicada em camada fina.

Tejolos de fabrico particular — Dêstes, os mais importantes, são os usados para a construção de pavimentos e coberturas de tejolo armado, de que há variadíssimos tipos, dos quais o mais corrente em Portugal é o «Sinco» (fig. 15). Empregamo-lo ùltimamente numa obra de grande vulto — o Mercado da Covilhã — em pavimentos e cobertura, calculados para a sobrecarga de 500 kg/m e depois submetidos a provas de carga violentas, mantendo-se a contento; êste assunto será objecto de estudo especial que publicaremos independentemente. Apresentamos a seguir o resultado dum dos ensaios executados com estes tejolos:

«SINCO»

N.º de ordem	Pêso do tejolo em kgs	Carga de rotura por compressão kgs
1	5,30	21.350
2	4,70	26.000
3	5,40	23.300
4	5,20	20.550
5	5,20	22.850
6	5,55	22.600

Nunca se deve entregar um trabalho desta categoria ao primeiro que apareça, mas tão sòmente a empreiteiros que possuam conhecimentos que nos garantam uma execução cuidada. Além disso, o dito empreiteiro terá ao seu serviço alguns operários especializados e principalmente, um encarregado que já tenha trabalhado, com bom resultado, em trabalhos desta natureza.

O regulamento alemão é bastante minucioso sôbre êste assunto e vamos passar em revista, ràpidamente, algumas notas que a êle se referem: exige aquele regulamento que os tejolos sejam feitos de forma que possam receber e transmitir livremente solicitações; poderão ser empregados como tejolos de pavimentos, os tejolos ôcos e maciços, resistentes, que não comportem substâncias que ataquem o ferro ou a argamassa, ou outras substâncias nocivas. Terão a secção prevista sem haverem sofrido deformações durante o fabrico e não devem apresentar fendas que possam diminuir a sua resistência; a superfície da base dos tejolos deve ser plana para que possa assentar uniformemente na cofragem. Só poderão ter a largura que permita que as armaduras, num sentido, não fiquem espaçados mais que 25 cm. Os tejolos ôcos devem ter as paredes suficientemente espessas, sendo costume não se passar abaixo de 1,5 cm; nas coberturas não acessíveis ao público, pode chegar-se ao mínimo de 0.8 cm. Os tejolos de pavimentos que tenham a zona de compressão diferente da de tracção deverão ser colocados de forma que aquelas zonas se possam conhecer fàcilmente.

Além dêstes, convém citar os tejolos cerâmicos diatomíticos que têm idênticas carac-

terísticas aos tejolos prensados diatomíticos, já citados e que se apresentam no mercado com as dimensões de 23 × 11 × 6 cm e pesam, cada um, 1 kg.

Propriedades dos tejolos em geral — A resistência e duração dos tejolos dependem, não só da qualidade da argila empregada na sua confecção, mas também da forma e esmero com que foram realizadas as diversas operações de fabrico e destas, é importantíssima a determinação do grau de cozedura. Como as condições óptimas nunca se atingem, das várias fornadas sairão tejolos bem, pouco e demasiado cozidos; por isso é necessário que haja uma escolha criteriosa da parte dos fabricantes. Convém, contudo, prevenirmo-nos contra as fraudes e conhecermos as caracteristícas do bom e mau material.

Os tejolos pouco cozidos são friáveis, porosos, geladiços e por isso só os podemos usar em obras pouco importantes e em interiores.

Os que são cozidos demais ficam semi-vitrificados, de fractura conxoide e apresentam-se deformados, escuros, duros e frágeis. Os tejolos bem cozidos, apresentam-se com côr uniforme; a sua secção de rotura mostra a fractura plana, sem direcções de esfoliação, de estrutura homogénea, de grão fino e apertado, sem orifícios ou grumos, especialmente de natureza cálcarea. Precutidos darão um som claro e argentino; o seu pêso específico será pouco desviado de 1,6. Além disto é útil conhecer as melhores características dos tejolos relativamente à obra em que vão ser utilizados. Assim os tejolos que são usados em pavimentos necessitam de ser particularmente duros, dureza que depende do perfeito grau de cozedura, evidentemente, mas muitíssimo também da compressão que recebem no acto da sua moldação; e eis porque, para êste caso especial, se preferem sempre os tejolos moldados mecânicamente

Os tejolos que são empregados em paredes para serem rebocadas, é necessário que dêem boa aderência às argamassas; esta qualidade é satisfeita pelos tejolos de boa cozedura, pois nos vitrificados quási nem existe esta propriedade. É útil, neste caso, uma certa rugosidade nas faces, pelo que os

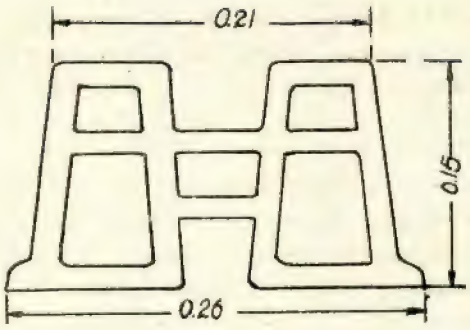


Fig. 15

tejolos moldados mecânicamente e destinados a êste género de trabalhos, apresentam muitas vezes sulcos de aderência.

Os tejolos destinados a motivos ornamentais é necessário que tenham exactamente a mesma coloração; a viveza da côr, em especial nas argilas ferruginosas, aumenta com o grau de cozedura, até que, quando começa a vitrificação, começam a aparecer côres escuras. Outra propriedade que necessitam os tejolos ornamentais, é a de terem as arestas nítidas e bem delineadas e por isso precisam ser executados com pastas aptas a agüentar, sem deformação, um elevado grau de cozedura. O pêso por m^3 da alvenaria de tejolo furado, em paredes pouco espessas, é cêrca de 1.000 kg; em paredes espêssas, pesa de 1 200 a 1.400 kg; a sua resistência à compressão varia entre 100 e 250 kg/cm^2 e o coeficiente de trabalho entre 7 a 18 kg. Segue-se um quadro que apresenta os pesos unitários dos tejolos mais usados na construção civil:

Designação	Dimensões em.	Pêso unitário kg
Tejolo maciço . . .	23 × 11 × 6	2,9
» » . . .	30 × 15 × 8	6,2
» prensado . .	23 × 11 × 6	2,9
« » . .	23 × 11 × 4	2,0
« de 2 furos . .	22 × 11 × 6	1,8
» « » » . .	30 × 20 × 10	6,9
» » 3 » . .	34 × 16 × 5	3,7
» » » » . .	30 × 15 × 8	4,1
» » » » . .	28 × 14 × 3	1,9
» curvos para chaminé	—	2,8
Tejolos refractários .	23 × 11 × 6	2,8

2 — *Telhas* — Variadíssimos tipos apresenta a nossa indústria cerâmica; citemos os principais, entre os dois grupos em que se costumam dividir as telhas:

a) *Curvas ou de canudo* — Nacional, Mourisca, Romana, Lusa, etc.; todos estes tipos se baseiam no sistema canal e cobertor, adoptando alguns, como no tipo «Lusa», a ligação ou continuïdade destas duas partes (Fig. 16).

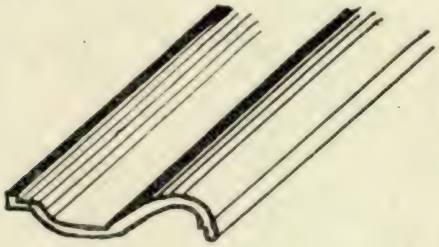


Fig. 16

A telha «Lusa» tem já um consumo notável, visto que é usada em quási tôdas as obras assistidas pelos técnicos do Estado.

A telha romana é também actualmente muito usada nas restaurações, a cargo da Direcção de Monumentos Nacionais (Fig. 17).

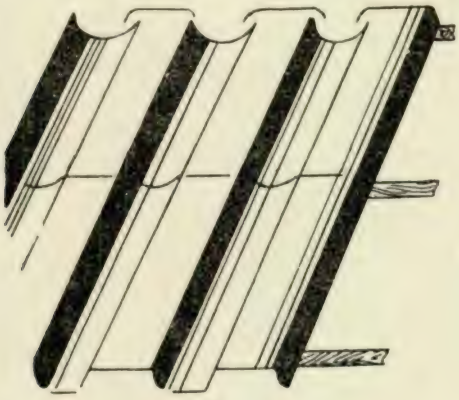


Fig. 17

b) *Telhas planas* — Estão a perder de uso relativamente às do grupo anterior, muito especialmente a telha de escama que, pràticamente, podemos dizer que se não usa no nosso país. A telha Marselha ou telha francesa, já passou o período em que era de uso quási forçado, embora ainda hoje o seu gasto seja grande. Dentro da categoria da telha Marselha há variados modelos, característicos das diversas firmas, alguns dêles até designados por nomes registados, como a telha «Resistência», produto duma das fábricas de Aveiro. Fabricam-se, conjuntamente, peças acessórias e especiais, tais como: beirados, clarabóias, ventiladores, passadeiras, cumes, hastes, cantos, pirâmides, centros, etc., etc.

Características a que deve obedecer êste material — As telhas devem ser suficientemente resistentes mecânicamente, para suportarem as sobrecargas vulgares; devem ser relativamente leves para não sobrecarregarem excessiva e desnecessàriamente as armações; não serão geladiças e a sua impermeabilidade é condição essencial; é importantíssimo também que «casem» bem e para isso é necessário que o seu acabamento seja cuidado. Devem as telhas estar isentas de eflorescências salinas e manchas produzidas pelo fumo; devem ainda apresentar textura uniforme, sem camadas distintas, sem incrustações de pirites ou cal, ou grumos de argila gorda não dissolvida. Se na câmara em que as telhas já se encontram quási cozidas, se introduz alcatrão ou azeite de baixa qualidade e se tapam tôdas as aberturas de entrada e saída de ar, os hidrocarbonetos formados na destilação que se produz imediatamente decompõem-se em contacto com as telhas incandescentes, depositando-se sôbre elas carbono sob a forma de depósito grafítico muito aderente, ao mesmo tempo que o óxido de ferro se reduz a protóxido, resultando assim uma côr cinzento-azulada, quási sempre com reflexos metálicos. Esta operação ou tratamento, muito usado no estrangeiro, é conhecido pelo nome de fumigação ou vaporização. Apresentamos adiante um quadro com algumas indicações úteis sôbre os dois grupos de telhas, já descritos.

Características especiais para cada um dos tipos fabricados dentro de cada grupo — Encontram-se descriminados em catálogos das diferentes emprêsas, que cada qual poderá adquirir e consultar; por isso abstemo-nos da sua citação.

3 — *Mosaicos cerâmicos* — Cozendo até princípio de vitrificação argilas gordas, cor-

Designação	Dimensões médias cm.	Número necessário por m²	Pêso unitário kg	Pêso da cobertura por kg/m²	Pêso específico gr/cm³	Absorção de água %	Carga de rotura da telha sêca, com 0,30 cm. de distância entre apoio kg	Resistência ao choque kg/m
Telha Marselha . . .	42×25×15	14	3,2	65	2,6	2 a 25 média 13,5	80 a 210 média 145	0,15 a 1,5 média 0,82
Telha de canudo, tipo «Mourisca»	42 a 44 ×14 a 18× ×1,5 a 2	26	1,8	115				

rigidas com pó de argila já cozida, feldspato, etc., obtêm-se mosaicos cerâmicos; a pasta depois de amassada, é moldada a elevada pressão em prensas de estampar. A superfície dêstes mosaicos, que se usam em pavimentos, é geralmente corada com tons variados, ou apresenta o mesmo desenho e figuras decorativas; estes desenhos fabricam-se prensando à parte a zona decorativa, constituída por argilas coradas. Esta fina camada une-se à outra, constituída por argila menos plástica, por elevada compressão; a prensa deixa na face posterior do mosaico sulcos de forma diversa que se destinam a dar melhor aderência com a argamassa. Em Portugal produzem-se óptimos mosaicos dêste tipo, em fábricas magnìficamente apetrechadas; fabrica-se mosaico quadrado, liso e esquartelado, rectangular, hexagonal e octogonal. Além disso fabricam-se faixas e roda-pés, cantos côncavos e convexos, etc. As dimensões e côres dêstes mosaicos são muito diversas, variando as dimensões nos mosaicos quadrados desde 19 m/m de lado até 150 m/m; as côres vermelho e creme são, sistemàticamente, mais baratas que quaisquer outras. Como o material não pode ser todo perfeito, fazem os fabricantes, geralmente, 5 escolhas, que costumam designar sucessivamente por extra, 1.ª, 2.ª e 3.ª escôlha, vindo finalmente o refugo.

Qualidades essenciais: pequeno desgaste, fixidez de côres, resistência aos agentes atmosféricos e alta resistência à compressão. Segue-se um quadro com características várias dos mosaicos cerâmicos.

4 — *Azulejos* — Material usado em revestimento de paredes; são fabricados com diferentes tamanhos, formatos e côres, fabricando-se além disso azulejo puramente decorativo. Os azulejos depois da cozedura, são vidrados com a aplicação duma mistura de óxido de chumbo, areia e calda de argila plástica, suficientemente fluída, ou outra qualquer composição. É sôbre o vidrado que se pintam, directamente ou pelo processo de estampilha, para nòvamente se introduzirem no forno. Também nos azulejos, como nos mosaicos, há material extra, de 1.ª, de 2.ª, de 3.ª e de refugo. De inúmeras dimensões e formas, as mais usadas são as correspondentes a azulejos quadrados de 20 cm de lado; para cobrir um metro linear de parede são necessários 5 dêstes azulejos, sendo portanto precisos 25 para cobrir 1 m².

Propriedades essenciais — Deverão os azulejos ser bem cozidos, de textura homogénea e uniforme, sem apresentarem cravos na massa ou qualquer mancha. A sua superfície será perfeitamente desempenada e as arestas nítidas e bem definidas; o vidrado terá um tom uniforme, sem tendência a estalar, com constância em tôda a superfície.

Tubos de grês cerâmico — Tubos geralmente de secção circular, que se apresentam no mercado em troços rectos com o comprimento de 0,65 m ou 1,00 m; cada tubo ou manilha, como são geralmente conhecidos, têm um alargamento numa extremidade que lhe permite encaixar na ma-

Designação	Dimensões m/m	Pêso por m² kg	Quant. aproximada		Resistência		Absorção de água
			m	m²	Comp.	Desgaste	
Mosaico quadrado	19×19	12	—	2.500	Sêcos, resistência mínima de rotura 1.000 kg/cm²	Para um percurso do prato de atrito, de 200 m, com uma carga de 0,916 kg/cm², interpondo areia de 0.5 m/m, o desgaste não será superior a 1,5 m/m	Média, após 28 dias de imersão 6 %
» »	30×30	15	34	1.112			
» »	50×50	22	20	400			
» »	70×70	22	14,5	208			
» » . . .	100×100	23	10	100			
» »	140×140	25	7,25	52			
» »	150×150	26	—	40			
» rectangular . . .	140×30	23	7.25	224			
» » . . .	100×50	22	10	200			
» » . . .	140×70	24	7,25	104			
» » canelado	140×70	23	7,25	104			
» octogonal	75×75	16	13,5	178			
» »	120×120	22	8,5	70			
» hexagonal	25×25	13	—	1.710			
» »	75×75	18	13,5	205			
» »	100×100	22	10	115			
» »	140×140	25	7,5	59			
» » alongado	70×170	24	14,5	106			

nilha seguinte numa seqüência perfeita (Fig. 18).

Além dêstes troços rectos há, como é natural, para satisfazer mudanças de direcção e ligações várias, curvas, cotovelos, cruzetas, sifões, etc., etc.

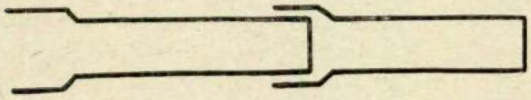


Fig. 18

Depois de preparada a massa, segundo o processo geral dos outros produtos cerâmicos, é ainda moldada, enxuta e cozida. O vidrado das manilhas é obtido metendo estas, depois de cozidas, num banho silicioso, para novamente voltarem para o forno; ou melhor, espalhando na câmara de cozedura, ao alcançarem as peças a temperatura de vitrificação, sal marinho. Êste volatiliza-se, produzindo-se uma precipitação de sódio na superfície ardente das peças, aparecendo o vidrado devido à formação de um silicato de alumina sódico-cálcico, que dá aos tubos perfeita impermeabilidade.

Propriedades essenciais — Impermeabilidade, dureza, sonoridade, vidrado perfeito, bem moldadas e calibradas, sem fendas ou falhas.

A fractura deve mostrar o grão fino e compacto; finalmente, as suas paredes deverão resistir à pressão hidráulica de 4 kg/cm².

Segue-se um quadro com alguns dados úteis das manilhas mais correntes:

Designação	Diâmetro interior m	Pêso aproximado kg
Tubos de 0,65 m. de comprimento	0,03	2,9
	0,04	3,6
	0,05	4,65
	0,06	5,00
	0,07	6,00
	0,08	6,30
	0,10	8,50
	0,125	10,80
	0,14	12,60
	0,175	16,00
	0,20	20,50
	0,25	32,00
	0,30	45,00
	0,40	56,00
	0,45	67,50

(*Continua*)

NOTAS SÔBRE A INSTALAÇÃO DE UM CONTADOR DE GEIGER E MÜLLER

POR CARLOS BARRADAS DA SILVA
(DO CURSO DE ENG. ELECT.)

Os «contadores de radiações» e a câmara de Wilson, cujo funcionamento pode ser comandado por aqueles contadores, são os dispositivos mais usados no estudo dos raios cósmicos e das radiações emitidas pelos elementos radioactivos. Os contadores de Geiger-Müller, *imaginados em 1929, são baseados no fenómeno da ionização secundária pelo choque. A instalação completa compreende, além do próprio contador e da resistência do seu circuito, um gerador de tensão contínua elevada (1.000 a 5.000 volt) e um sistema registador, que, na montagem clássica são, respectivamente, uma bateria de pilhas e um electrómetro de Wulf, ou outro de pequena inércia. Êste conjunto substituiu-se por um transformador elevador de tensão, associado a um rectificador eléctrónico e por um amplificador de baixa freqüência, que faz funcionar um altifalante ou um totalizador mecânico.*

Considerações gerais

Um contador de Geiger-Müller ([1]) é constituído por um cilindro metálico, de bases isolantes, e por um fio metálico axial, por vezes oxidado, não tendo influência considerável no funcionamento a substância de que são feitos estes electródios. O cilindro contém um gás ou um vapor, ou uma mistura de gases e vapores. No primeiro caso, o contador diz-se um «contador de gás». No segundo e no terceiro diz-se um «contador de vapor». A estas duas designações correspondem, como se verá adiante, características muito diferentes.

Os fluidos que enchem os contadores encontram-se submetidos a pressões muito baixas (da ordem de alguns centímetros de mercúrio) e verifica-se que, até um certo limite, os contadores exigem para o seu funcionamento uma tensão tanto mais baixa quanto menor é a pressão.

Entre o fio axial e a parede do cilindro estabelece-se um campo electrostático intenso, mas inferior à rigidez dieléctrica da substância de que o contador está cheio, mediante a aplicação de uma diferença de potencial, cujo valor se acha compreendido entre 1.000 a 5.000 volt. O polo negativo do gerador é ligado ao cilindro e o positivo é ligado à terra. Uma resistência de 10^7 a 10^9 ohm completa o circuito, ligando o fio axial à terra (Fig. 1).

Os fenómenos que se manifestam quando estes contadores funcionam não são inteiramente conhecidos e não se pode prever a influência das várias características eléctricas e geométricas, a não ser de um modo muito vago e, mesmo assim, a partir de dados empíricos.

Em tôda a parte, quando se fala de medicamentos, produtos químicos ou reagentes, a marca E. Merck goza duma reputação inegualável.

E. Merck

DARMSTADT • FÁBRICA DE PRODUTOS QUÍMICOS • DESDE 1827